

بررسی میزان مواجهه عمومی با امواج مایکروویو انتشار یافته از سامانه بدون سیم (وایرلس) در دانشگاه علوم پزشکی همدان

نعمت اله کرد^۱، عبدالمجید گرکز^۲، محسن علی آبادی^{۳*}، مریم فرهادیان^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۶

چکیده

مقدمه: با توجه به افزایش نگرانی‌های عمومی در خصوص عوارض جسمی و روانی امواج بر سلامت کاربران، هدف از مطالعه حاضر تعیین میزان مواجهه عمومی با امواج مایکروویو انتشار یافته از سامانه بدون سیم در یک محیط آموزشی بود.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه توصیفی تحلیلی شدت مؤثر امواج مایکروویو در ۱۱۰ ایستگاه شامل محل نقاط دسترسی آنتن‌ها، داخل کلاس‌ها، راهروها و در کنار رایانه‌ها در پنج دانشکده دانشگاه علوم پزشکی همدان اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری امواج با استفاده از دستگاه سنجش مدل HI 2200 شرکت Holaday مطابق با روش استاندارد شماره C 95.3 صورت گرفت.

یافته‌ها: شدت مؤثر مواجهه با امواج مایکروویو انتشار یافته در سطح دانشگاه برابر $0/304 \pm 0/675 \mu W/cm^2$ بود که پایین‌تر از حدود مجاز بین‌المللی قرار داشت. نتایج نشان داد بین میانگین شدت مؤثر امواج مایکروویو در دانشکده‌های مختلف اختلاف معناداری وجود نداشت. با این حال اختلاف میزان شدت امواج مایکروویو برحسب محل اندازه‌گیری در سطح دانشگاه معنادار بود ($P = 0/001$). بیشترین شدت امواج معادل $1/731 \pm 0/214 \mu W/cm^2$ مربوط به نقاط دسترسی به سامانه بود.

نتیجه‌گیری: هرچند شدت مواجهه با امواج مایکروویو حاصل از شبکه‌های بی‌سیم در سطح دانشگاه مورد مطالعه پایین‌تر از حدود مجاز بین‌المللی قرار داشت و با توجه به عدم دستیابی به شواهد قطعی در خصوص تأثیرات بهداشتی امواج بر انسان در سطوح مختلف مواجهه، لزوم اطلاع‌رسانی مخاطرات امواج به‌منظور افزایش آگاهی کاربران در محیط‌های آموزشی ضروری به نظر می‌رسد.

کلیدواژه‌ها: مواجهه عمومی، امواج مایکروویو، سامانه بدون سیم.

۱- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۲- کارشناس ارشد مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

۳- * (نویسنده مسئول) عضو هیئت علمی گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران پست الکترونیکی: mohsen.aliabadi@umsha.ac.ir

۴- دانشجوی دکتری آمار زیستی و اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

مقدمه

سامانه بدون سیم (wireless) به تکنولوژی انتقال اطلاعات اطلاق می شود که در آن از امواج مایکروویو به جای سیم برای انتقال سیگنال های اطلاعاتی بین دو دستگاه استفاده می شود (۱). سامانه بدون سیم جهت استفاده از اینترنت و تبادل اطلاعات تحت عنوان Wireless Fidelity (WiFi) اشاره به نوعی از فن آوری های بی-سیم دارد که به شکل محلی در فرکانس ۲/۴ گیگا هرتز عمل می کند (۲،۳). سامانه بدون سیم میزان انتقال داده در طیف وسیعی از ۱ الی ۵۰ مگابایت در ثانیه را فراهم می کند (۴). در سال های اخیر شبکه های بدون سیم به طور گسترده ای در مکان هایی مانند سازمان های تجاری، نهادهای دولتی، بیمارستان ها، دانشگاه ها و حتی محیط خانه ها جهت استفاده از اینترنت مورد استفاده قرار گرفته اند. انعطاف پذیری، مقرون به صرفه بودن و استقرار سریع برخی از عواملی هستند که سبب گسترش این فن آوری شده است (۵).

اغلب اثرات بیولوژیک خطرناک انسانی در خصوص امواج مایکروویو به اثرات ناشی از افزایش دما نسبت داده شده است. این موضوع عمدتاً شامل آسیب به اندام های چشم و بیضه است که نسبتاً دارای محدودیت های گردش خون هستند. بالا رفتن دمای کلی بدن ناشی از جذب امواج، می تواند منجر به خستگی و بی حالی شود. بروز خستگی و کاهش عملکرد ذهنی، مشکلات قلبی و عروقی و فشار خون می تواند ناشی عدم گردش خون کافی و اکسیژن رسانی و دفع مواد زاید در اثر مواجهه مایعات خونی با امواج با شدت بالا رخ دهد (۶،۷).

در سال های اخیر اثرات بیولوژیکی غیرحرارتی امواج مورد توجه زیادی قرار گرفته است، با این حال تا به امروز هنوز به طور شفاف تشریح نشده اند. اثرات غیر حرارتی در واقع اثرات غیر قطعی و احتمالی بوده و به دو دسته اثرات سرطان زایی و سایر اثرات قابل تفکیک است. سرطان های احتمالی مرتبط با امواج که در مطالعات مختلف گزارش شده شامل گلیوما، عصب شنوایی، غده بزاق، پوست، سیستم لنفاوی، خون، بیضه و سینه بوده است. علاوه بر این در افراد کمتر از ۲۰ سال

ریسک بروز سرطان مغزی ۵ برابر گزارش شده است (۶،۷). با این حال نتایج چندین مطالعه مروری ایجاد سرطان در اثر مواجهه با امواج الکترومغناطیس را تایید نکرده است (۸،۹).

در بسیاری از مطالعات، ارتباط بین امواج با اختلالات هورمونی از جمله هورمون ملاتونین، اختلالات رفتاری و خواب، اختلالات بیوشیمیایی بدن، سقط جنین، زایمان زودرس، اختلالات مادرزادی جنین، اختلالات خلقی مانند افسردگی، اختلالات قلبی و عروقی و افزایش ریسک حمله های قلبی و انواع اختلالات عصبی گزارش شده است (۱۰). با این حال اثرات ذکر شده در تعدادی دیگر از مطالعات تأیید نشده است (۱۱). بنابراین اگر چه ایجاد این اثرات را به صورت قطعی نمی توان تأیید کرد، با این حال احتمال بروز چنین اثراتی وجود دارد. علاوه بر این گزارشاتی در مورد افزایش خطر ابتلا به سرطان سینه، اثرات ژنوتوکسیک، نشت پاتولوژیک سد خونی-مغزی، تغییر عملکرد سیستم ایمنی از جمله افزایش آلرژی و پاسخ التهابی، سقط جنین و برخی اثرات قلب و عروقی، بی خوابی در مطالعه بروی افرادی که در مواجهه بسیار کم شدت امواج بوده اند گزارش شده است (۱۲). اثرات آن در کوتاه مدت بروی فعالیت های شناختی، حافظه و یادگیری، رفتار، زمان واکنش، توجه و تمرکز و تغییر فعالیت امواج مغزی نیز در متون علمی گزارش شده است (۱۳،۱۴). حدود مجاز توصیه شده در زمینه امواج مایکروویو در فرکانس ۲/۴ گیگاهرتز در کشورهای مختلف دارای اختلاف قابل ملاحظه ای می باشد. سازمان بین المللی حفاظت در برابر پرتوهای غیر یونساز حد مجاز شدت موثر امواج مایکروویو را 1 mW/cm^2 و برای شدت میدان الکتریکی 61 V/m بر مبنای میانگین وزنی زمانی ۶ دقیقه توصیه نموده است. در خصوص حدود مجاز مواجهه با امواج مایکروویو جهت سامانه بدون سیم در فرکانس ۲/۴ گیگا هرتز کشورهای آمریکا و کانادا شدت امواج معادل 1 mW/cm^2 و در کشورهای ایتالیا و چین شدت امواج معادل $10 \mu\text{W/cm}^2$ با لحاظ کردن اثرات غیرحرارتی امواج ذکر شده است. با توجه به اثرات غیرحرارتی بیولوژیک امواج، حداکثر شدت مجاز امواج تا مقدار $0.17 \mu\text{W/cm}^2$ نیز توصیه شده است (۱۵). استفاده از سامانه های بدون سیم جهت اهداف آموزشی به سرعت در سال های اخیر افزایش

وزنی زمانی در مدت زمان ۶ دقیقه در فاصله یک متری انجام گرفت. ذکر این نکته حائز اهمیت است که جهت اندازه‌گیری مواجهه شغلی در کنار رایانه‌ها و لپ‌تاپ‌ها در فاصله نیم متری در زمان اتصال به اینترنت و در حین دانلود اندازه‌گیری انجام گرفت. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS ۱۰ صورت گرفت. آزمون‌های آماری مقایسه میانگین‌ها در سطح معناداری ۹۵ درصد جهت تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

یافته‌ها

نتایج توصیفی میزان شدت امواج مایکروویو ناشی از سامانه بدون سیم در سطح دانشگاه علوم پزشکی همدان در جدول ۱ ارائه شده است. براساس نتایج بدست آمده میانگین شدت امواج مایکروویو در سطح دانشگاه $0.304 \mu W/cm^2$ تعیین گردید که در مقایسه با کمترین حد توصیه شده جهت مواجهه عمومی با امواج سامانه بدون سیم ($10 \mu W/cm^2$) نیز پایین تر قرار داشت.

نتایج توصیفی میزان شدت امواج مایکروویو در دانشکده‌های مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. تحلیل داده‌ها توسط آزمون مقایسه میانگین‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ نشان داد که بین میانگین شدت موثر ۶ دقیقه‌ای امواج مایکروویو در دانشکده‌های مختلف اختلاف معنی‌دار وجود ندارد ($P=0.923$). بیشترین تعداد اندازه‌گیری در دانشکده بهداشت به دلیل تمرکز سامانه انجام شد. نتایج نشان داد که دانشکده دندانپزشکی با میانگین شدت امواج $0.420 \mu W/cm^2$ بیشترین شدت امواج را در بین دانشکده‌های مختلف دارد.

نتایج توصیفی میزان شدت امواج مایکروویو برحسب محل‌های مختلف دانشگاه در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که اختلاف میزان شدت امواج مایکروویو برحسب محل‌های مختلف اندازه‌گیری در سطح دانشگاه معنی‌دار می‌باشد ($P=0.001$). نقاط دسترسی به سامانه (کنار آنتن‌ها) بیشترین انتشار امواج را در بین محل‌های مختلف به خود اختصاص داده اند (0.214 ± 0.173). بیشترین و کمترین شدت امواج پس از نقاط دسترسی به ترتیب مربوط به کلاس‌های درس با میانگین شدت امواج $0.855 \mu W/cm^2$ و اتاق جلسات با میانگین شدت امواج $\mu W/cm^2$

یافته است. در محیط دانشگاه‌های کشور با توجه جمعیت قابل ملاحظه در حال انجام فعالیت آموزشی، مواجهه عمومی با این امواج در بخش‌های مختلف کلاس‌ها، اتاق و راهروها وجود دارد. از آنجا که مطالعه‌ای در خصوص تعیین شدت مواجهه با امواج مایکروویو انتشار یافته از سامانه بدون سیم در محیط دانشگاه‌های کشور یافت نگردید و نظر به اهمیت تاثیرات سلامتی جسمی و ذهنی دانشجویان و کارکنان، هدف از این مطالعه بررسی شدت امواج مایکروویو انتشار یافته از سامانه بدون سیم در دانشگاه علوم پزشکی همدان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه توصیفی تحلیلی شدت امواج مایکروویو در ۱۱۰ ایستگاه شامل محل نقاط دسترسی آنتن‌ها (Access Points)، داخل کلاس‌ها، اتاق اساتید، اتاق جلسات، راهروها و در کنار رایانه در حین کاربری بصورت تصادفی در ۵ دانشکده دانشگاه علوم پزشکی همدان مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. با توجه به مطالعه مقدماتی، برآورد اولیه انحراف معیار شدت امواج معادل $0.27 \mu W/cm^2$ بدست آمد. بر این اساس حجم نمونه اشاره شده بر اساس سطح اطمینان ۹۵ درصد و میزان دقت $0.05 \mu W/cm^2$ تعیین گردید. در مرحله بعد، نمونه تعیین شده بر اساس روش نمونه‌گیری طبقه‌ای به دانشکده‌های مختلف اختصاص داده شد.

اندازه‌گیری امواج مایکروویو انتشار یافته از آنتن‌های سامانه WiFi (مدل Minicut Rs2hn با آنتن نوع Fector 120 Mimo) موجود سامانه بدون سیم در دانشگاه علوم پزشکی همدان با استفاده دستگاه سنجش امواج مایکروویو مدل HI2200 شرکت Holaday با آنتن تمام جهت اندازه‌گیری میدان الکتریکی مدل E100 در محدوده فرکانسی ۱۰۰ کیلو هرتز الی ۵ گیگا هرتز مطابق با روش توصیه شده به شماره IEEE C95.3 موسسه ملی استاندارد آمریکا صورت گرفت (۱۵). با توجه به گواهی کالیبراسیون ارائه شده از طریق نمایندگی شرکت سازنده، دستگاه در شرایط کالیبره قرار داشت. در محل نقاط دسترسی از سامانه WiFi، اندازه‌گیری امواج با نصب دستگاه اندازه‌گیری بر روی یک سه پایه در ارتفاع ۱/۷ متری (مربوط به موقعیت سر یک فرد بالغ به طور متوسط) و اندازه‌گیری میانگین

۰/۴۲۴ تعیین گردید. میانگین شدت موثر امواج در کنار لب تاپ‌ها با انحراف معیار $0.0089 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ تعیین شد که محدود تعیین شده بین کلیه لب تاپ‌های مورد مطالعه تقریباً مشابه و اختلاف ناچیزی را نشان داد.

جدول ۱- میزان شدت امواج میکروویو حاصل از سامانه بدون سیم در سطح دانشگاه علوم پزشکی همدان

کمیت اندازه گیری	تعداد	میانگین \pm انحراف معیار	حداقل	حداکثر
شدت امواج الکترومغناطیسی $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	۱۱۰	0.304 ± 0.675	۰/۰۲۲	۴/۴۴۸
شدت میدان الکتریکی V/m	۱۱۰	1.089 ± 0.821	۰/۳۰۴	۸/۸۰۰

جدول ۲- میزان شدت امواج میکروویو سامانه بدون سیم در دانشکده‌های مختلف برحسب $\mu\text{W}/\text{cm}^2$

دانشکده	تعداد	میانگین \pm انحراف معیار	حداقل	حداکثر	P value
بهداشت	۳۰	0.187 ± 0.230	۰/۲۲	۱/۸۹۵	۰/۹۲۳
پیراپزشکی	۲۰	0.153 ± 0.326	۰/۲۸	۲/۲۶۳	
دندانپزشکی	۱۹	0.245 ± 0.420	۰/۲۹	۴/۴۴۸	
پزشکی	۲۱	0.147 ± 0.301	۰/۲۶	۲/۳۴۹	
پرستاری	۲۰	0.126 ± 0.300	۰/۳۳	۱/۸۱۱	

جدول ۳- میزان شدت امواج میکروویو در مکان‌های مختلف دانشگاه برحسب $\mu\text{W}/\text{cm}^2$

مکان مواجهه	تعداد	میانگین \pm انحراف معیار	حداقل	حداکثر	P value
اطراف آنتن	۱۶	0.214 ± 1.731	۰/۴۵۶	۴/۴۴۸	۰/۰۰۰
راهرو	۱۵	0.004 ± 0.512	۰/۳۲	۰/۸۰	
اتاق اساتید	۲۵	0.112 ± 0.596	۰/۲۲	۰/۳۰۰	
اتاق جلسات	۱۹	0.002 ± 0.424	۰/۳۳	۰/۸۱	
کلاس درس	۲۵	0.292 ± 0.855	۰/۲۹	۰/۷۵۶	
مجاور لب تاپ	۱۰	0.089 ± 0.612	۰/۳۵	۰/۱۱۸	

بحث

مطالعات زیادی در خصوص تعیین سطح مواجهه افراد با امواج میکروویو حاصل از شبکه‌های بی‌سیم صورت گرفته است. در مطالعه‌ای که توسط فاستر و همکاران در خصوص مواجهه با امواج میکروویو منتقله از شبکه‌های بدون سیم مورد استفاده WiFi صورت گرفت، نتایج نشان داد که شدت امواج مورد اندازه‌گیری پائین‌تر از حدود مجاز سازمان بین‌المللی حفاظت در مقابل پرتوهای غیر یون‌ساز قرار دارد (۳). در مطالعه حاضر نیز یافته‌های حاکی از آن بود که میانگین شدت موثر امواج در مجاورت آنتن‌ها $4.48 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ و مقدار حداکثر و حداقل آن به ترتیب برابر $4.48 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ و 0.214 و مقدار حداکثر و حداقل آن به ترتیب برابر $4.48 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ و 0.214

نتایج اندازه‌گیری شدت امواج میکروویو در سطح دانشگاه مورد مطالعه پایین‌تر از حد مجاز بین‌المللی پذیرفته شده در کشور قرار داشت. با این حال با توجه به عدم اطمینان از حدود مجاز تعیین شده جهت حفاظت و ایمنی افراد در خصوص ایجاد اثرات غیر حرارتی محتمل می‌بایست تحلیل‌های لازم در مقایسه با مطالعات مختلف در این زمینه صورت گیرد. از طرف دیگر فناوری بکارگرفته شده در ساخت سامانه بدون سیم، توان خروجی آنتن و شرایط نصب و بکارگیری سامانه در محیط مورد نظر از عوامل موثر بر پرتوگیری افراد در مواجهه محسوب می‌گردد. در سه دهه اخیر

سطح کشور، مطالعه حاضر توانست سطح مواجهه را در بخش‌های مختلف یک نمونه محیط آموزشی و در شرایط کاربری مختلف سامانه بدون سیم در مقایسه با حدود مجاز توصیه شده نشان داده و به بخشی از نگرانی‌های عمومی در این زمینه پاسخ دهد.

نکته بسیار قابل اهمیت در این زمینه این است که در زندگی امروزی انسان بصورت ناخواسته در معرض امواج مایکروویو از سایر منابع انتشار از جمله تلفن همراه آنتن‌های آن و تجهیزات ارتباطی و اطلاعاتی و امواج رادیویی نیز قرار دارد که در نتیجه سطح کلی مواجهه با این نوع امواج می‌تواند قابل ملاحظه باشد. بنابراین با توجه به اثرات مضر احتمالی و قطعی امواج بر انسان، لزوم در نظر گرفتن اقدامات حفاظتی برای افراد در مواجهه با امواج در محیط کار و زندگی مذکور ضروری به نظر می‌رسد (۱۹). اقدامات حفاظتی در مقابل امواج غیر یون‌ساز مشابه پرتوهای یون‌ساز بر مبنای سه اصل زمان، فاصله و حفاظ گذاری است. بر اساس نتایج تحقیقات علمی از جمله اقدامات موثر در کاهش میزان مواجهه با امواج و بروز اثرات احتمالی، کاهش مدت زمان استفاده روزانه تا حد ممکن و منطقی است.

با توجه به اینکه میزان جذب ویژه امواج در بافت بدن در واقع میزان انرژی جذب شده در واحد جرم در واحد زمان است، کاهش زمان تماس منجر به کاهش جذب امواج در بدن می‌گردد. از جمله اثرات مهم مواجهه با پرتوهای غیر یون‌ساز احتمال ایجاد رادیکال‌های آزاد و در نتیجه ایجاد ترکیبات آکسیدکننده در بافت‌های در مواجهه است، بنابراین استفاده از ترکیبات آنتی‌اکسیدان در رژیم غذایی روزانه از جمله میوه و سبزیجات و همچنین آموزش افراد درباره مخاطرات مواجهه با پرتوها از اقدامات مدیریتی و بهداشتی موثر می‌باشد (۲۰ و ۱۹).

نتیجه‌گیری

هر چند شدت مواجهه با امواج مایکروویو حاصل از شبکه‌های بی سیم در سطح دانشگاه مورد مطالعه پایین‌تر از حدود مجاز قرار داشت، با این حال با توجه به عدم دستیابی به شواهد قطعی در خصوص اثرات بهداشتی امواج بر انسان در سطوح مختلف مواجهه،

و ۰/۴۵۶ قرار دارد که از مقدار حد مجاز توصیه‌شده ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) ۱۰۰۰) بسیار پایین‌تر می‌باشد. در مطالعه اندرسون و همکاران شدت میدان الکتریکی در فاصله یک متری از آنتن‌ها در محدوده mV/m ۱ تا ۷۱۹ الی mV/m ۱۳۰۶ قرار داشت (۱۷). مطالعه انجام شده توسط مایکلاس و همکاران در سال ۲۰۰۹ جهت بررسی میزان مواجهه با امواج سامانه بدون سیم شدت میدان الکتریکی در ۸۸٪ موارد پایین‌تر از $1\text{W}/\text{m}^2$ ، ۸۱٪ موارد در محدوده $3\text{W}/\text{m}^2$ - ۱، و درصد ناچیزی در محدوده $6\text{W}/\text{m}^2$ - ۳ تعیین گردید که کلیه مقادیر اندازه‌گیری شده پایین‌تر از حد مجاز توصیه شده قرار داشت (۱۸). در مطالعه ورلاک و همکارانش نیز میانگین میزان مواجهه با میدان الکتریکی در کنار آنتن‌ها در فاصله کمتر از یک متر در حالت غیر فعال 1V/m - ۰/۱۲ و در حالت فعال 1V/m - ۱/۹ تعیین شد (۱۸). مقایسه نتایج مطالعه حاضر با مطالعات مذکور نشان دهنده این است که اختلاف بین مقادیر شدت موثر امواج در معرض کاربران قابل ملاحظه نیست. میزان اختلاف موجود نیز ناشی از تکنولوژی ساخت یا اصطلاحاً مارک، مدل دستگاه و توان خروجی دستگاه‌ها می‌باشد. نکته مهم قابل ملاحظه این است که مقادیر مواجهه عمومی با امواج مذکور در محیط‌های بسته به خصوص آموزشی بسیار پایین‌تر از حد مجاز پذیرفته شده بین المللی قرار دارد. با این حال با توجه به عدم دستیابی به شواهد قطعی در خصوص اثرات بهداشتی امواج مایکروویو بر انسان در سطوح مختلف مواجهه موجب گردیده تا پژوهش‌های متعددی در سطح دنیا در خصوص اثرات بیولوژیک پرتوهای غیر یون‌ساز انجام گیرد که علیرغم دستیابی به نتایج قابل ملاحظه، هنوز ابهاماتی در خصوص اثراتی مثل سرطان‌زایی آن‌ها وجود دارد. در این راستا در سال‌های اخیر سازمان جهانی بهداشت بر ضرورت انجام پژوهش‌های جامع‌تر به منظور دستیابی به حدود مجاز با قابلیت اطمینان بالاتر در جهت برطرف نمودن نگرانی‌های جوامع تأکید زیادی داشته است. بنابراین تأثیر امواج مایکروویو بر سلامتی انسان موضوعی است که عنوان بسیاری از پژوهش‌ها را به خود اختصاص داده است.

با توجه به کمبود اطلاعات در خصوص میزان مواجهه عمومی با امواج مایکروویو انتشار یافته از سامانه وایرلس در مراکز آموزشی

Fi devices operating in schools. *Prog Biophys Mol Biol*. 2011;107:412-420.

10. Habash RW, Brodsky LM, Leiss W, Krewski D, Repacholi M. Health risks of electromagnetic fields. Part II: Evaluation and assessment of radio frequency radiation. *Crit Rev Biomed Eng*. 2003;31:197-254.

11. Valberg PA, Deventer TEv, Repacholi MH. Workgroup report: base stations and wireless networks-radiofrequency (rf) exposures and health consequences. *Environ Health Perspect*. 2007;115:416-424.

12. Bernardi P, Cavagnaro M, Pisa S. Assessment of the potential risk for humans exposed to millimeter-wave wireless LANs: the power absorbed in the eye. *Wireless Networks*. 1997;3:511-517.

13. Hardell L, Carlberg M, Mild KH, Eriksson M. Case-control study on the use of mobile and cordless phones and the risk for malignant melanoma in the head and neck region. *Pathophysiology*. 2011;18:325-333.

14. Hillert L, akerstedt T, Lowden A, Wiholm C, Kuster N, Ebert S, et al. The effects of 884 mhz gsm wireless communication signals on headache and other symptoms: an experimental provocation study. *Bioelectromagnetics*. 2008;29:185-196.

15. IEEE Std C95.3, IEEE Recommended Practice for Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields With Respect to Human Exposure to Such Fields, 100 kHz–300 GHz. American national standard institute, 2008.

16. Andersen JB, Mogensen PE and Pedersen GF. Power variations of wireless communication systems, *Bioelectromagnetics*. 2010;31:302-310.

17. Miclaus S, Bechet P, Bouleanu I, Helbet R. Radiofrequency field distribution assessment in indoor areas covered by wireless local area networks, *Advances in Electrical and Computer Engineering*. 2009; 9:52-55.

18. Overlook L, Joseph W, Vermeer G, Martens L. Procedure for assessment of general public exposure from WLAN in offices and in wireless sensor network testbed. *Health Phys*. 2010;98:628-638.

19. Frank S, Barnes BG, Biological and Medical Aspects of Electromagnetic Fields, Taylor & Francis Group, 2006.20. IEEE Std C95.7, Recommended Practice for Radio frequency Safety Programs. American national standard institute, 2006.

لزوم مراقبت‌های بهداشتی و اطلاع رسانی در جهت افزایش آگاهی کاربران در محیط‌های آموزشی ضروری به نظر می‌رسد.

سیاسگزاری

این پژوهش در قالب طرح تحقیقات دانشجویی (شماره ثبت ۹۱۰۷۲۵۲۶۰۵) با پشتیبانی مالی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان انجام یافته است، که بدین وسیله نهایت تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

1. Peyman A, Khalid M, Calderon C, Addison D, Mee T, Maslanyj M, Mann S. Assessment of exposure to electromagnetic fields from wireless computer networks (Wifi) in schools; results of laboratory measurements. *Health Physics*. 2011;100:594-612.
2. Joseph W, Verloock L, Goeminne F, Vermeeren G, Martens L. Assessment of rf exposures from emerging wireless communication technologies in different environments. *Health Physics*. 2012;102:161-172.
3. Foster KR. Radiofrequency exposure from wireless LANs utilizing wifi technology. *Health Physics*. 2007; 92(3):280-289.
4. Hruby R, Neubauer G, Kuster N, Frauscher M. Study on potential effects of 902 MHz GSM-type wireless communication signals on DMBA-induced mammary tumors in Sprague-Dawley rats. *Mutation Research*. 2008;649:34-44.
5. Markakis I, Samaras T. Radiofrequency exposure in Greek indoor environments. *Health Physics*. 2013;104:293-301.
6. Sage C, Carpenter D. Public health implications of wireless technologies. *Pathophysiology*. 2009; 16:233-246.
7. Hardell L, Sage C. Biological effects from electromagnetic field exposure and public exposure standards. *Biomed Pharmacother*. 200; 62:104-109.
8. Ballardina M, Tusaa I, Fontana N, Monorchio A, Pelletti C, Rogovich A, et al. Non-thermal effects of 2.45 GHz microwaves on spindle assembly, mitotic cells and viability of Chinese hamster. *Mutation Research*. 2011;716:1-9.
9. Khalid M, Mee T, Peyman A, Addison D, Calderon C, Maslanyj M. Exposure to radio frequency electromagnetic fields from wireless computer networks: Duty factors of Wi-

Public Exposure to Microwave Emissions from Wireless Systems in Hamadan University of Medical Sciences

Nematullah Kurd¹, AbdulMajid Garkaz², Mohsen Aliabadi^{*3}, Maryam Farhadian⁴

Received: 10/02/2014

Accepted: 07/03/2014

Abstract

Introduction: Due to the increase of public concern about the physical and psychological effects of radiation on the health of users, the present study aimed to determine the extent of public exposure to microwave emissions from wireless system in an educational setting.

Materials and Methods: In this cross-sectional study, the effective intensity of microwave radiation were measured in 110 stations including the location of antennas access points, inside the classrooms, corridors and next to computers in five faculties of Hamadan University of Medical Sciences. Microwave meter HI 2200 model made by Holaday Co. was used to measure radiation according to the standard method No. C95.3.

Results: The effective intensity of exposure to microwave radiation emitted in the studied university was equaled to $0.304 \pm 0.675 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ which was lower than the international exposure limits. However, there were significant differences in the intensities of microwave radiation in terms of measurement locations ($P=0.0001$). The Highest intensity of microwave radiation was allocated to access points which were equaled to $1.731 \pm 0.214 \mu\text{W}/\text{cm}^2$.

Conclusion: Although the intensity of microwave exposure from wireless networks at the university level was lower than the international limits and due to the failure to obtain conclusive evidence on the health effects of radiation exposure on humans at various levels, it seems to be necessary to inform users about radiation health risks to increase their awareness in educational settings.

Keywords: Public exposure, microwave radiation, wireless systems.

1. MSc of Occupational Health, School of Public Health, University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

2. MSc of Occupational Health, School of Public Health, University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.

3. (**Corresponding author**) Department of Occupational Health, School of Public Health, University of Medical Sciences, Hamadan, Iran, email: mohsen.aliabadi@umsha.ac.ir

4. PhD student of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran.